

Н. А. Газизов, Д. В. Куликов, А. С. Тонкушин, А. И. Вальцева
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург
gazizov.nikita.05@mail.ru

ОБЗОР МЕТОДОВ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ЭНЕРГИИ

Беспроводная передача энергии – способ передачи электрической энергии без использования токопроводящих элементов в электрической цепи. Основная работа основана именно на магнетизме и электромагнетизме. Преимуществом данного способа является отказ от линий электропередач, снижение затрат на обслуживание электротехнического оборудования.

Ключевые слова: *беспроводная передача энергии, магнетизм, индукция, лазер, микроволновое излучение.*

N. A. Gazizov, D. V. Kulikov, A. S. Tonkushin, A. I. Valtseva
Ural Federal University, Ekaterinburg

OVERVIEW OF WIRELESS POWER TRANSMISSION METHODS

Wireless power transmission is a method of transmitting electrical energy without the use of conductive elements in an electrical circuit. The main work is based precisely on magnetism and electromagnetism. The advantage of this method is the rejection of power lines, reducing the cost of maintenance of electrical equipment.

Keywords: *wireless energy transmission, magnetism, induction, laser, microwave radiation.*

В 1820 г. великий французский физик Ампер путем многочисленных опытов пришел к выводу о том, что магнитное поле может возбуждать в теле металла электрический ток. Так появился основополагающий закон Ампера. В 1831 г. Майкл Фарадей открыл закон индукции, который стал базой для развития электромагнетизма.

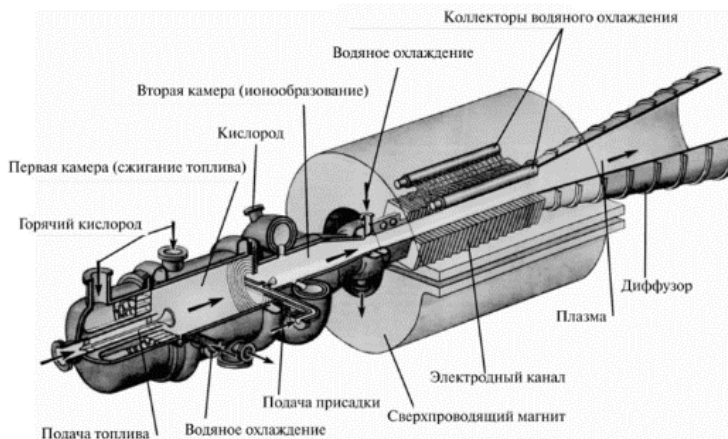
Джеймс Максвелл после долгих экспериментов систематизировал свои наблюдения, квинтэссенцией которых в 1864 г. стало уравнение Максвелла. В 1888 г. Генрих Герц экспериментально подтвердил существование электромагнитных волн, предсказанных Максвеллом. Его искровой передатчик с прерывателем на основе катушки Румкорфа мог производить электромагнитные волны частотой до 0,5 ГГц, которые могли быть приняты несколькими приемниками, настроенными в резонанс с передатчиком. Никола Тесла на всемирной выставке в 1893 г., состоявшейся в Чикаго, продемонстрировал свечение фосфорных лампочек без проводов. В период с 1891 по 1894 гг. ученый многократно демонстрирует беспроводную передачу, и свечение вакуумных трубок в высокочастотном электростатическом поле. При этом отмечая, что энергия электростатического поля поглощается лампой, преобразуется в свет, а энергия электромагнитного поля, используемая для электромагнитной индукции с целью получения аналогичного результата, в основном отражается, и лишь малая ее доля преобразуется в свет. Вплоть до 1897 г., параллельно с работой Тесла, исследования электромагнитных волн ведут: Джагдиш Боше в Индии, Александр Попов в России и Гульельмо Маркони в Италии. Вслед за публичными лекциями Тесла, Джагдиш Боше выступает в ноябре 1894 г. в Калькутте с демонстрацией беспроводной передачи электричества, там он зажигает порох, передав электрическую энергию на расстояние. 25 апреля 1895 г., Александр Попов, используя азбуку Морзе, передал первое радиосообщение [1]. Рассмотрим методы передачи подробнее.

Электромагнитная индукция. Этот метод основан на явлении электромагнитного поля. Для передачи беспроводной энергии используется трансформатор. Благодаря явлению электромагнитной индукции, на приемной катушке устройства создается наведенный ток с передающей катушки. Для меньших потерь энергии необходимо, чтобы катушки находились рядом.

Микроволновое излучение. Метод микроволнового излучения, по сравнению с методом электромагнитной индукции, позволяет во

много раз увеличить расстояние, на которое будет передана энергия. Микроволны с длиной волны 12 см, что соответствует частоте 2,45 ГГц, способны проходить через земную атмосферу фактически без потерь. Для использования данного метода необходимы два устройства: Первое, магнетрон – генератор микроволнового излучения, позволяющий преобразовать электрический ток в микроволновое излучение. Второе, приемная антенна, преобразовывающая микроволновое излучение обратно в электрический ток. Приемная антенна служит для обратного преобразования микроволнового излучения в электрический ток.

Вильям Броун испытал устройство, способное преобразовывать микроволны в электрический ток. Данное устройство получило название ректенна [2]. Она состоит из полуволновых диполей, каждый из которых нагружен на высокоэффективные диоды Шоттки. Ректенны достаточно миниатюрны и имеют высокий КПД – до 95 %, однако их нагрузочная способность составляет единицы ватт. Поэтому для передачи больших мощностей из ректенн собирают большие приемные панели, рассчитанные на передачу определенной мощности. Именно с именем Вильяма Броуна и его изобретением связана самая успешная беспроводная передача энергии. В 1976 г. ему удалось передать СВЧ-пучком 30 кВт непрерывной мощности на расстояние 1,6 км с КПД, составляющим 82 %. Однако, при небольших перегрузках полупроводниковые диполи сгорают, при перегрузке на одном из полупроводников выходит из строя целая приемная панель. Ненадежность и дороговизна стали основными факторами, которые не позволили найти применения данному методу



вне лабораторных испытаний. В Советском Союзе, такая антенна была названа «циклотронный преобразователь энергии» (рисунок).

Циклотронный
преобразователь

Он был создан в 70-ых годах XX века в МГУ [3]. Циклотронный преобразователь основан на возбуждении быстрой циклотронной волны электронного потока за счет подводимой СВЧ-энергии и последующем преобразовании этой энергии в поступательную энергию движения электронов. В его основе лежит ламповая технология и это делает его габаритным. КПД преобразования до 80 % при уровне подводимой СВЧ-мощности порядка 10 кВт, при этом допустимы значительные колебания уровня подводимой СВЧ-мощности. Данная характеристика позволяет преобразователю легко переносить перегрузки, он не имеет проблем переизлучения и дешевле американского аналога.

В 1968 г. американский физик Питер Е. Глэйзер предложил вывести спутник, укомплектованный солнечными панелями, на геостационарную орбиту Земли, там преобразовать солнечную энергию в пучок СВЧ-волн и пустить его на Землю на приемную антенну [4]. Тогда эта идея казалась научной фантастикой, но в настоящее время о ней вспомнили.

Лазерный метод. Энергию можно передать путём её преобразования в луч лазера, который затем может быть направлен на фотоэлемент приёмника. Вплоть до недавнего времени передача энергии с помощью лазеров не имела большого смысла: их КПД составлял всего 10–20 %. С учетом потерь на передачу и преобразование световой энергии в электричество получателя достигало, в лучшем случае, нескольких процентов исходной мощности. Только в 2000-х годах ситуация начала меняться: появились инфракрасные лазеры с КПД до 40–50 % и высокоэффективные фотоэлектрические модули на основе арсенида галлия, способные преобразовывать в электричество до 40 %, а иногда – и до 70 % энергии излучения. Благодаря этому способу мы можем передать энергию на большие расстояния, но есть ряд недостатков [4]. Самый существенный из них – атмосфера Земли, так как она поглощает большую часть энергии, переданной от лазера. Энергией с орбиты можно было бы снабжать всю Землю. Такие компании как NASA, EADS, Lasermotive занимаются такими

технологиями уже с 2003 г. Ученые из Японии добились успеха в преобразовании солнечного света в лазерное излучение с КПД 42 %, но эффективные передатчики и приемники не могут совместно применяться, потому что работают в разных спектральных диапазонах. Вторая важная проблема – невозможность использовать передачу в пасмурную погоду. Если решить эти проблемы, то эту технологию для космической энергетики ждут большие перспективы [5].

Беспроводная передача энергии в наши дни может осуществляться посредством *электромагнитной индукции*. Применяется данный метод преимущественно для зарядки гаджетов. КПД беспроводной зарядки составляет примерно 80 %.

Идет и развитие передатчиков *микроволнового излучения*. Сейчас разработку солнечной космической электростанции ведут США, Япония и Китай. Стоимость проекта оценивается приблизительно в 20–25 млрд долл.

Лазерный метод передачи энергии также активно развивается. Разработанный Иваном Мацаком и его коллегами космический эксперимент «Пеликан» позволит испытать новый путь передачи энергии с российского сегмента МКС на борт грузового корабля «Прогресс».

В настоящее время США и Япония активно разрабатывают космическую электростанцию (КСЭС) гигаваттного уровня. В США такие крупнейшие корпорации и научные центры, как «Локхид-Мартин», «Боинг», JPL, «Центр Маршалла», «Центр Гленна», а также ряд университетов, планируют создать КСЭС гигаваттного уровня. Группа из 16 японских корпораций во главе с Mitsubishi Corporation планирует построить КСЭС гигаваттного уровня к 2025 г. в рамках проекта Solarbird. Общая стоимость КСЭС оценивается в 24 млрд долл.

Предполагается, что стоимость вырабатываемого «космического электричества» будет в 6 раз ниже, чем на японских наземных электростанциях. Возможно, что существенное упрощение конструктивно-технологической схемы КСЭС в целом, снижение её

стоимости, повышение надёжности и эффективности приведут к реализации данного проекта.

Российскими учеными в последние годы запатентовано несколько изобретений в области преобразования солнечной энергии и её передачи наземным потребителям [6, 7]. Предполагается, что энергоснабжение Земли из космоса может: 1) обеспечить передачу энергии непосредственно в районы ее потребления и, в первую очередь, в труднодоступные и высокоширотные без организации наземных линий электропередачи большой протяженности; 2) сократить использование углеводородного топлива, добыча и сжигание которого оказывают вредное влияние на биосферу [7].

Список использованных источников

1. Ларионов Д. В. Беспроводная передача энергии // Молодой ученый. 2018. № 44 (230). С. 39–41
2. Kurs A., Karalis A., Moffatt R., Joannopoulos J. D., Fisher P., Soljacic M. Wireless power transfer via strongly coupled magnetic resonances // Science. 2007. Vol. 317 (5834). P. 83–86.
3. Беспроводная передача электроэнергии [Электронный ресурс]. URL: <https://amperof.ru/teoriya/besprovodnaya-peredacha-elektroenergii.html> (дата обращения: 21.11.2019)
4. Передача энергии лазером : как это работает [Электронный ресурс]. URL: <https://www.popmech.ru/technologies/303382-luch-zhizni-peredacha-energii-lazerom/> (дата обращения: 21.11.2019)
5. Перспективы создания и использования беспроводных систем передачи энергии [Электронный ресурс]. URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/perspektivy-sozdaniya-i-ispolzovaniya-besprovodnyh-sistem-peredachi-energii> (дата обращения: 21.11.2019)
6. Солнечная космическая электростанция : пат. 2605956 Рос. Федерация : МПК В64G 1/44, Н04В 7/185 / Баркова М. Е. ; патентообладатель Московский государственный университет геодезии и картографии. № 2015111954 ; заявл. 02.04.2015 ; опубл. 10.01.2017, Бюл. № 1.
7. Система передачи энергии на Землю с орбитальной солнечной электростанции : пат. 2713129 Рос. Федерация : МПК В64G 1/44 / Ключник А. В., Свиридонов А. И., Тюльпаков В. Н. ; патентообладатель Московский радиотехнический институт Российской академии наук. № 2018135632 ; заявл. 09.10.2018 ; опубл. 03.02.2020, Бюл. № 4.